

大岗山水电站库区郑家坪变形体应急处置

陈兴泽^{1,2}, 赵连锐¹, 廖勇¹, 曾露¹

(1. 国电大渡河大岗山水电开发有限公司, 四川 石棉 625409;

2. 四川铁投城乡投资建设集团有限责任公司, 四川 成都 610041)

摘要:近年来,部分身处西部高山峡谷地区的大型能源、交通工程在建成投用后,也可能遭遇大型变形体(滑坡体)等各种地质灾害。大岗山水电站蓄水后在库区出现的郑家坪变形体,使库区复建公路 S217 省道安全运行受到影响,通过采取勘察与界定、变形监测、分析定性、安全应急、工程临时处置等措施,保持了 S217 省道复建公路的通畅,实现了重大地质灾害下长时间的零伤害,避免了电站的不正常运行。

关键词:地质灾害;变形体;应急处置;成效

中图分类号: [TM622];TV697.3;U456.3+3

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2019)02-0103-04

0 引言

近年来,部分地处西部高山峡谷地区的大型能源、交通工程在建成投用的同时,也深受伴随其自身的大型变形体或滑坡体等地质灾害的“困扰”,工程的正常运营及人民生命财产的安全受到了严重威胁。^[1-4]针对这些大型变形体(滑坡体),国内外现阶段的文献主要集中于研究其成因机制、动态演化过程、时空分布规律、灾害影响、风险评估体系、防灾减灾措施等偏理论方面,系统性论述应急处置实践经验的较少。而对地质灾害及时、科学、妥当的应急处置是地质灾害理论研究的主要意义之一,也是对科学技术方面要求最具体和最突出的工作阶段^[5]。同时,地质灾害应急防治是一项各阶段相互联系的工作,是有组织的科学与社会行为^[6],故深入分析研究典型案例的实践经验具有很重要的现实意义。

1 概况

郑家坪变形体位于大渡河大岗山水电站水库右岸, S217 省道淹没复建公路(以下简称“复建公路”) K8+030 m—K10+750 m 之间,距离坝址约 11.8~15.0 km,总体积约 5 500 万 m³(见图 1)。

大岗山水电站于 2015 年 10 月份四台机组全投,并首次蓄水至正常蓄水位高程 1 130 m。同月,复建公路 K9+400 m—K9+500 m 段开始出现沉降变形,至 12 月底,公路边坡及挡墙出现



图 1 郑家坪变形体全貌照

多处裂缝。2016 年 3 月,在与路面高差 47~110 m 之间的公路边坡开口线外发现数条宽 10~70 cm 的裂缝,同时在公路内侧边坡挡墙及外侧便道路面发现横向裂缝,上、下边坡多条裂缝基本贯通;内侧部分边坡挡墙在变形体挤压作用下出现鼓包。同年 4 月下旬,变形体上游侧及前缘水库水面有大量气泡冒出,在其后 4 月底至 10 月的雨季,上边坡发生数次零星垮塌。

2 应急处置的实施

2.1 勘察与界定

为查明郑家坪变形体的边界、规模、裂缝分布、微地貌形态特征、工程地质特性等,在发现相关变形迹象之后,相关单位立即组织开展了资料收集、测绘、现场调查、钻探、洞探、岩土体物理力学试验等变形体勘察与界定相关工作。根据变形特征,将变形体划分为了 I、II、III 区,具体如下:

I 区位于复建公路 K9+430 m—K9+600

m段,以两旁冲沟为侧边界,后缘开裂高程约1 260 m,体积约50万 m^3 。该区变形强烈,后缘裂缝与上、下游侧边界裂缝已基本贯通,形成了半椭圆形边界,内侧公路边坡和外侧防撞墙可见裂缝,公路边坡有数处局部崩塌,水下可能有小型塌滑。

Ⅱ区位于复建公路K9+052 m—K9+430 m段(Ⅰ区下游)、K9+600 m—K10+120 m段(Ⅰ区上游),后缘高程一般1 200 m以下,局部达高程1 330 m,体积约150万 m^3 (上游区体积约70万 m^3 ,下游区体积约80万 m^3)。变形主要表现为公路路面沉降裂缝、边坡混凝土喷层裂缝脱落等,公路边坡有数处局部崩塌。

Ⅲ区位于复建公路K8+030 m—K8+800 m段,高程1 270 m以下,体积约120万 m^3 。变形主要表现为公路挡墙沉降裂缝、边坡混凝土喷层裂缝等,公路边坡局部崩塌,公路边坡后缘存在裂缝。

2.2 变形监测

为及时掌握变形体的位移及发展趋势,组织开展了包括外部变形监测、深层侧向位移监测以及裂缝监测三部分的变形监测。

2.2.1 外部变形监测

外部变形监测采用GNSS(全球卫星导航系统)方法进行自动观测,实现了对变形体的连续实时监测。当现场信号较差无法接受到数据时,采用传统人工监测的方式对变形体进行监测,确保及时掌握变形体的变化状态与发展趋势。

2.2.2 深层侧向位移监测

深层侧向位移监测采用3个深度达到80 m的测斜孔进行,观测频次为1次/周,并根据郑家坪变形体变形情况进行调整。

2.2.3 裂缝监测

裂缝监测采用游标卡尺对裂缝宽度进行量测,量测频率为:在裂缝发育较显著时为每天上午、下午各一次,其后每天一次;在裂缝发育较缓慢后调整为1次/周。

郑家坪变形体监测成果及变形情况每天两次以短信方式向相关单位及地方政府报送。同时每周、每月形成周报和月报,对变形趋势进行阶段性总结分析;当变形体位移每日变化量 >10 mm,监测短信发送频率变更为每小时一次,并在当日发布简报。

2.3 分析定性

2.3.1 变形破坏原因分析

通过地表地质调查、边坡变形发展过程,以及钻孔、平硐勘探成果分析,郑家坪变形体边坡变形破坏的内因在于其发育于大渡河断裂带夹持的三叠系白果湾组(T_{3bg})薄层状砂页岩地层中,顺层结构面发育,岩体倾倒变形强烈;外因在于复建公路开挖切脚、公路通行、水库蓄水、降雨等导致坡体前缘稳定条件变差。水库蓄水对坡脚岩土体的改造,降雨沿地表裂缝入渗弱化岩土体物理力学性状,进一步加剧了坡体的变形破坏^[6]。

2.3.2 稳定性分析

经地表地质调查、变形监测以及边坡稳定性计算分析,综合判断认为:

郑家坪变形体是水库蓄水前已存在的,形成于地质历史时期地表以里一定深度范围内的倾倒变形体,天然条件下(蓄水前)处于稳定状态。

监测资料显示,变形体Ⅰ区每天变形量为3.12~8.54 mm,整体处于初期变形阶段,边坡处于临界稳定状态,可能形成滑坡。Ⅰ区局部稳定主要受公路边坡上部覆盖层和碎裂松动岩体控制,可能产生蠕滑—拉裂型滑坡或崩塌。

变形体Ⅱ区地形较陡,每天变形量小于1 mm,总变形量在10 mm左右,整体处于基本稳定至临界稳定状态。Ⅱ区局部稳定受公路开挖边坡上部土体或碎裂松动岩体控制变形体。

变形体Ⅲ区大渡河断裂F1断层位于库水位以上,加之白果湾组地层出露宽度变窄,岩体倾倒变形相对较弱,地表大树直立,岩土体中未见贯通性裂缝,蓄水后后缘裂缝无新的变化,整体基本稳定。Ⅲ区局部稳定受公路开挖边坡上部土体或碎裂松动岩体控制。

变形体稳定性计算结果显示,Ⅰ区整体在蓄水、暴雨工况下边坡处于临界稳定状态,地震工况下可能整体失稳;变形体Ⅰ区、Ⅱ区、Ⅲ区公路内侧边坡局部稳定性差,在各种工况下存在拉裂、局部掉块和垮塌的风险。

2.3.3 危害分析

主要对变形较大及地质灾害危险性最大的Ⅰ区进行分析,具体如下:

因大岗山电站水库库容较大,在正常蓄水位1 130.00 m时,该段水库回水深度约110 m,变形体Ⅰ区整体失稳时虽属于大型滑坡,但不会形成

堰塞湖次生灾害。

根据中国水利水电科学研究院黄种为、董兴林等的经验公式进行的滑坡涌浪分析成果如下:

假定郑家坪变形体 I 区整体下滑,水库水位 1 130 m 时,估算在入水点引起的涌浪高度为 6.76~19.39 m,传播到坝址时约为 0.36~0.81 m,小于大岗山拱坝的 5 m 超高,不会对电站运行产生危害性影响,但涌浪对水库上下游约 6 km 范围将产生较大的影响,需注意水上、水边活动的安全。

对右岸(本岸)的影响:复建公路将中断, I 区上部土地受影响;涌浪传播到右岸下游约 400 m 处的高度约为 2.87~6.37 m,爬坡后的高度仍低于该处公路和公路内、外侧村民房屋的高程,不会影响该处公路和房屋安全。

对左岸(对岸)影响:入水点对岸涌浪最大爬坡高度 7.06~20.24 m,因左岸库周公路较高,路面高程约 1 280 m,涌浪对其影响不大;但左岸上游新华滑坡距离郑家坪变形体较近,涌浪到达对岸爬坡后对滑坡稳定不利,可能引发新华滑坡前缘产生塌滑破坏。

综合分析认为,郑家坪变形体短时间内整体失稳下滑的概率较低,现阶段面临的主要威胁是复建公路内侧局部边坡随时可能发生掉块和垮塌,威胁公路的安全、顺畅通行。

2.4 安全应急措施

鉴于该段复建公路是进出四川藏区乃至西藏地区的重要通道,确保该路段持续安全、顺畅通行有特别重要的意义,故无法简单采取封闭道路、完全中断通行的应对措施。为此,2016 年 3 月在发现裂缝明显变化后,相关单位随即采取了如下安全应急措施:

(1)为避免雨水渗入加剧变形,在变形区域后缘外侧布置截水沟,同时对裂缝采用塑料膜进行封闭处理;为防止边坡滚石危及过往车辆安全,采取了沿公路内侧挡墙布置被动防护网、对山体冲沟部位边坡喷素混凝土等临时防护措施;此外,为利于车辆快速通过,并尽可能远离掉块滑渣,对边坡易垮塌地段的公路在路基外侧采用钢筋石笼码砌、内侧回填碎石以扩建拓宽。

(2)在变形体上、下游复建公路上设置了十余块醒目的地质灾害警示牌、安全通行警示牌,提高

警示提醒效果。

(3)与地方公安、交通部门联合发布交通管制通告,并在变形体两端设置交通管制站,对途经该段的车辆实施交通管制:禁止五轴以上(含五轴)货车通行,其它车辆每日 7:00~19:00 单边观察通行,其余时间和大雨及以上天气、山体边坡发生落石滑坡或变形体位移每小时变化量 >10 mm 等异常情况时,禁止通行。管制站安排专人 24 小时三班值守,对过往人员及车辆进行告诫、劝阻,与地方公安部门共同引导社会车辆通行。

(4)在易垮塌地段设置观察哨,实行三班制,每班 4 人,发现上边坡滚石、塌方等马上用警报器报警,同时用对讲机通知两端管制点禁止车辆及行人通行,并及时将险情上报。

(5)在变形监测之外,每日安排 4 人对边坡进行巡视检查,检查内容包括边坡是否新出现裂缝以及已有裂缝深度和宽度的变化情况,是否出现掉渣或掉块现象,坡表有无隆起或下陷,并做好巡视记录。

(6)成立应急领导小组和应急抢险队伍,编制应急预案并进行演练,同时,将预案向地方政府进行报备。给应急抢险队伍配置救生衣、照明电筒等应急品;现场配备一台 15 kW 柴油发电机、2 台装载机和 2 台挖掘机,同时配备一艘 6 座快艇和一艘捞渣船,停靠于大岗山大坝附近,根据需要随时投入应急抢险;为便于夜间照明观察,在现场增配了多盏探照灯;在变形体正对面的库区左岸设置红外线摄像头,对变形体区域进行 24 小时监控,及时留存突发状况的影像资料。

(7)每天安排有专门人员和设备对变形体路段的路面清扫、清理,保证路面整洁;根据天气情况,安排洒水车对路面进行洒水除尘、保湿,以保证观察人员和驾驶员视野清晰。

2.5 工程临时处置措施

由于郑家坪变形体永久治理实施难度大、周期长,而道路保通意义又特别重大,故尚需在上述安全应急措施的基础之上,采取进一步的工程临时处置措施,以尽可能降低永久治理完成前的通行安全风险。经相关单位会同地方政府的多次讨论研究,决定采用“减载+锚喷支护”的临时处置工程方案进行道路保通,具体方案如下:

(1)复建公路 K9+370—K9+633 段(I

区):以公路内侧边沿为基点,按 1:1 的坡比进行放坡,每 20 m 设置宽 3 m 的马道。从上到下每开挖完成一级后进行系统挂网喷锚支护,锚杆采用 $\varphi 25$ 自进式中空锚杆,间排距 $2\text{ m} \times 2\text{ m}$,梅花形布置,锚杆长度为 4.5 m,挂钢筋网 $\varphi 6.5 @ 20\text{ cm} \times 20\text{ cm}$,喷 C25 混凝土厚 12 cm。完成支护后才能进行下一级施工。

(2) 重建公路 K9+270—K9+370 段(Ⅱ区):在高程约 1 335 m 处设置施工开口线,在开口线附近先设置 6 m 长 $\varphi 25$ 自进式中空锚杆进行锁口,完成后按 1:1 的坡比进行放坡,第一级设置为高差 15 m、马道宽 3 m 的边坡,以下则每 30 m 设置宽 3 m 的马道至公路,支护参数及要求同Ⅰ区。

(3) 对其他存在掉块和垮塌风险的公路边坡进行支护处理,支护参数同Ⅰ区。

3 应急处置的成效

(1) 在郑家坪变形体应急处置中,由于相关单位反应迅速、应对科学和处置妥当,避免了省道 S217 线石棉至泸定段的中断,保证了过往车辆和人员的安全,实现了重大地灾下长时间零伤害。据不完全统计,在 GNSS 监测数据的实时指导及所建应急机制的果断、有效响应下,应急处置的过程中成功实现紧急避险 5 次,估计避免因人员伤亡和车辆损毁造成的直接经济损失超过 2 000 万元,有力地维护了地方社会的稳定。

(2) 郑家坪变形体工程临时处置措施于 2016 年年底实施完毕。变形体在经过减载后,变形监测数据趋于收敛,相关部位也在开挖支护后,再未发生过垮塌,目前,重建公路通行正常。

(3) 在对郑家坪变形体发展趋势及危害的正确研判下,大岗山水电站避免了不必要的低水位运行,初略估算避免的间接经济损失超过 1.2 亿元。

4 结语

(1) 郑家坪变形体总变形规模大,严重影响了 S217 省道淹没重建公路石棉至泸定段的安全、顺

畅通行,但在相关单位的迅速反应、科学应对和妥当处置下,保持了省道的通畅,实现了重大地质灾害下长时间零伤害,避免了不必要的损失,经济和社会效益显著。

(2) 中国地质环境监测院刘传正曾指出,高效有序地应对重大突发地质灾害的应急行动可概括为“6快”,即“快调查、快监测、快定性(会商)、快论证、快决策(应对)和快实施”^[6]。对郑家坪变形体的成功应急处置,十分吻合这一经验。

(3) 郑家坪变形体的应急处置,是企业联合地方政府智慧应对重大地质灾害的一次成功协作,对国内地质灾害的应急响应具有巨大的参考和借鉴意义。

(4) 针对郑家坪变形体的永久根治,在遵循“有利于变形体的根治,有利于保通期的安全,有利于造价控制,有利于快速实施,有利于后续移交”的原则下正在积极研究中。

参考文献:

- [1] 文良友,蔡频.溪洛渡水电站水库影响区地质灾害的预测预防[J].水力发电,2018,44(1):94-97.
- [2] 赵明华,朱信波,赵雄.金沙水电站花石崖危岩体稳定性分析与治理[J].四川水力发电,2018,37(2):45-47.
- [3] 刘勇,倪迎峰,郑江.锦屏水电站地质灾害防治治理与启示[J].人民长江,2017,48(2):44-48.
- [4] 童广勤,王翔俊,石纲.三峡水库地质灾害防治措施分析与建议[J].人民长江,2011,42(22):20-22+41.
- [5] 刘传正.重大突发地质灾害应急处置的基本问题[J].自然灾害学报,2006,15(3):24-30.
- [6] 曹廷,王丽君,何鑫.郑家坪变形体变形机制与稳定性分析[J].岩土工程技术,2018,32(5):242-246.

作者简介:

陈兴泽(1986-),男,云南蒙自人,工程师,硕士,主要从事水电建设工程管理,以及安全生产与环境保护相关工作;

赵连锐(1975-),男,云南腾冲人,高级工程师,学士,主要从事水电建设工程管理,以及安全生产相关工作;

廖勇(1976-),男,四川中江人,高级工程师,硕士,主要从事水电建设工程管理,以及安全生产与环境保护相关工作;

曾露(1987-),女,湖北仙桃人,工程师,硕士,主要从事水电建设工程管理相关工作。 (责任编辑:卓政昌)

和管理;

任威(1990-),男,河南中牟人,助理工程师,工学学士,现供职于安徽响水涧抽水蓄能有限公司,主要从事抽水蓄能机组运行和管理;

王考考(1986-),男,江苏沛县人,助理工程师,工学学士,现供职于安徽响水涧抽水蓄能有限公司,主要从事抽水蓄能机组运行和管理。 (责任编辑:卓政昌)

(上接第 102 页)

姚尧(1987-),男,安徽芜湖人,工程师,工学学士,现供职于安徽响水涧抽水蓄能有限公司,主要从事抽水蓄能机组运行和管理;

邢红超(1984-),男,河南安阳人,工程师,工学学士,现供职于安徽响水涧抽水蓄能有限公司,主要从事抽水蓄能机组运行